

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2003-084319

(43)Date of publication of application : 19.03.2003

(51)Int.Cl.

G02F 1/295

G02B 6/12

(21)Application number : 2001-277863 (71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 13.09.2001 (72)Inventor : AOKI TAKESHI

ISHII MASATOSHI

YAMAGISHI YASUO

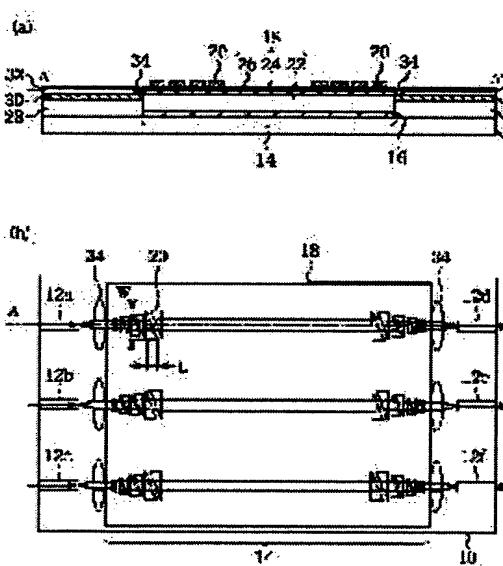
## (54) OPTICAL DEVICE

本発明は第1光路活性による光入射を示す前面型及び平面型

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical device capable of realizing a voltage lowering and micronization.

SOLUTION: The optical device has a lower electrode 16, an optical waveguide layer 18 which is formed on the lower electrode and varies in the refractive index according to an electro-optical effect, and a plurality of prismatic electrodes 20. The width of a prismatic electrode formed inside the optical waveguide layer is wider than that of a prismatic electrode formed at the end of the optical waveguide layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Optical equipment characterized by the width of face of said prism electrode which has two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and was formed inside said optical waveguide layer being wider than the width of face of said prism electrode formed in one end of said optical waveguide layer.

[Claim 2] Optical equipment characterized by being arranged so that it may have two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer and said two or more prism electrodes may meet the optical path of the light deflected.

[Claim 3] Optical equipment characterized by tuning an optical path finely by having two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and the electrode for fine tuning formed on said optical waveguide layer, and impressing analog voltage to said electrode for fine tuning.

[Claim 4] Optical equipment characterized by having two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and with which aspect ratios differ mutually.

[Claim 5] Optical equipment characterized by setting up the ratio of the aspect ratio of two or more of said prism electrodes in optical equipment according to claim 4 so that it may become twice [ n-th power ] 2.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to optical equipment and relates to the optical equipment which can perform a switch of an optical path, and the deviation of light especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] An optical switch is a component indispensable when functioning as a relay point which switches the path of light and building an optical-communication network in an optical-communication network.

[0003] Recently, the optical switch with which the optical switch which switches the path of light according to the electro-optical effect (Electro-Optic Effect, the EO effectiveness) is proposed and which is proposed impresses electric field to an optical waveguide layer, is controlling a refractive index by the electro-optical effect, and switches the path of light, and high-speed switching is possible for it. moreover, since it does not require passing a high current, as compared with a heat optical switch, it can be markedly alike and power consumption can be reduced. Moreover, since the part which carries out movable mechanically does not exist, high dependability can be acquired.

[0004] The optical switch which can switch the path of light according to the electro-optical effect is indicated by JP,6-118454,A, JP,2000-180905,A, JP,2000-241836,A, JP,2000-180904,A, etc.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, change of the refractive index by the electro-optical effect is proportional to applied voltage. For this reason, in the optical switch proposed, in order to acquire a big deflection angle, the high voltage had to be impressed. Moreover, the magnitude of the deflection angle of light is proportional to aspect ratio L/W of the prism electrode formed on the optical waveguide layer. For this reason, in the optical switch proposed, in order to acquire a big deflection angle, die-length L had to be set up long enough to the width of face W of a prism electrode, and the tooth space required in order to form a prism electrode was large. For this reason, the optical switch proposed was not able to respond to the request of low-battery-izing and detailed-izing enough.

[0006] The purpose of this invention is to offer the optical equipment which can realize low-battery-izing and detailed-ization.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The optical waveguide layer from which the above-mentioned purpose is formed on a lower electrode and said lower electrode, and a refractive index changes with the electro-optical effects, It has two or more prism electrodes formed on said optical waveguide layer, and is attained by the optical equipment characterized by the width of face of said prism electrode formed inside said optical waveguide layer being wider than the width of face of said prism electrode formed in one end of said optical waveguide layer.

[0008] Moreover, the above-mentioned purpose has two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and is attained by the optical equipment characterized by being arranged so that said two or more prism electrodes may meet the optical path of the light deflected.

[0009] Moreover, the above-mentioned purpose has two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and the electrode for fine tuning formed on said optical waveguide layer, and is attained by impressing analog voltage to said electrode for fine tuning by the optical equipment characterized by to tune an optical path finely.

[0010] Moreover, it is attained by the optical equipment characterized by the above-mentioned purpose having two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and with which aspect ratios differ mutually.

[0011]

[Embodiment of the Invention] The optical switch by the 1st operation gestalt of [1st operation gestalt] this invention is explained using drawing 1 thru/or drawing 4 . Drawing 1 is the sectional view and top view showing the optical switch by this operation gestalt. Drawing 1 (a) is the sectional view showing the optical switch by this operation gestalt, and drawing 1 (b) is the top view showing the optical switch by this operation gestalt. Drawing 1 (a) is the A-A' line sectional view of drawing 1 (b). Drawing 2 is the enlarged drawing showing the optical switch by this operation gestalt. Drawing 3 is the top view showing actuation of the optical switch by this operation gestalt.

[0012] As shown in drawing 1 (a) and drawing 1 (b), it is optically combined with two or more channel waveguides 12a-12f formed on the silicon substrate 10, and the channel waveguides 12a-12f, and the optical switch by this operation gestalt has the optical deflection section 14 which can deflect light.

[0013] The optical deflection section 14 is constituted by the lower electrode 16 which consists of aluminum, and two or more prism electrodes 20 which were formed on the lower electrode 16 and formed on channel waveguide 12 the slab optical waveguide layer 18 optically combined with a 12f and the slab optical waveguide layer 18.

[0014] The prism electrode 20 impresses electric field to the slab optical waveguide layer 18, and controls the rate of optical refraction of the field across which it faced between the prism electrode 20 and the lower electrode 16 by the electro-optical effect.

[0015] The slab optical waveguide layer 18 is constituted by the cladding layer 22 which consists of LiNbO<sub>3</sub>, the core layer 24 which was formed on the cladding layer 22 and which consists, for example of Ti diffusion field, and the cladding layer 26 which consists of SiO<sub>2</sub> formed on the core layer 24.

[0016] LiNbO<sub>3</sub> is an ingredient from which a refractive index changes with the electro-optical effects, when electric

field are added.

[0017] There are an ingredient which a refractive index fluctuates [ change of a refractive index ] as an ingredient from which a refractive index changes with the electro-optical effects according to the ingredient of electric field of two directions, i.e., the direction to impress, and an ingredient with which change of a refractive index carries out only reduction as for the ingredient of an one direction, i.e., a refractive index. The change of a refractive index of LiNbO<sub>3</sub> is the ingredient of two directions.

[0018] Since the ingredient from which a refractive index changes with the electro-optical effects is used for the slab optical waveguide layer 18, the refractive index of the field across which it faced with the prism electrode 20 and the lower electrode 16 can be changed by turning on and turning off the applied voltage to the prism electrode 20.

[0019] In this specification, it is inserted between the prism electrode 20 and the lower electrode 16, and the field to which a refractive index may be changed is called prism field by impressing electric field. A prism field can function as prism substantially and can deflect light.

[0020] The channel waveguides 12a-12f are constituted by the cladding layer 30 formed through the silicon layer 28 on the silicon substrate 10, the core layer 32 formed on the cladding layer 30, and the cladding layer (not shown) formed on the core layer 32.

[0021] Three channel waveguides 12a-12c are formed in the incidence side of the slab optical waveguide layer 18. Three channel waveguide layers 12d-12f are formed in the outgoing radiation side of the slab optical waveguide layer 18.

[0022] In addition, although the case where the number whose number of the channel waveguides 12a-12c by the side of incidence is the channel waveguides 12d-12f by the side of 3 and outgoing radiation is three is explained to an example, further much channel waveguide may be prepared and the number of channels may be made [ many ] here.

[0023] Between the channel waveguides 12a-12f and the slab optical waveguide layer 18, the lens 34 is formed, respectively.

[0024] The light which advances the inside of channel waveguide 12a - 12c is introduced into the slab optical waveguide layer 18 through a lens 34. Moreover, the light which advances the inside of the slab optical waveguide layer 18 is introduced into the channel waveguides 12d-12f through a lens 34.

[0025] Two or more formation of the prism electrode 20 is carried out in channel waveguides [ 12a-12f ] near. The prism electrode 20 has succeeded in the pair and the oblique side has countered mutually. Moreover, the configuration of the prism electrode 20 is set as the triangle.

[0026] The width of face W of the prism electrode 20 formed near the channel waveguides 12a-12c is followed on estranging from the channel waveguides 12a-12c, and it is set up so that it may become large gradually.

[0027] On the other hand, the width of face W of the prism electrode 20 formed in channel waveguides [ 12d-12f ] near is followed on approaching the channel waveguides 12d-12f, and it is set up so that it may become narrow gradually.

[0028] If it puts in another way, the width of face W of the prism electrode 20 is set up from one end of the slab optical waveguide layer 18 so that it may become large gradually toward the inside.

[0029] Change of the refractive index of the prism field when setting the refractive index of the slab optical waveguide layer 18 when not impressing an electrical potential difference to the prism electrode 20 to n, and impressing a forward predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20 · When deltan, the refractive index of the prism field when impressing a forward predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20 is expressed for example, with n-delta n.

[0030] On the other hand, when change of the refractive index of the prism field when impressing a negative predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20 is set to +deltan, the refractive index of the prism field when impressing a negative predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20 is expressed for example, with n+delta n.

[0031] When width of face of the prism electrode 20 is set to W and the die length of the prism electrode 20 is L Carried out, deflection angle deltatheta of the light produced by passing through one prism field is deltatheta=deltanx (L/W).

It is come out and expressed. Here, width of face W is the width of face of the prism electrode 20 of a perpendicular direction to the extension direction of the slab optical waveguide layer 18, and die-length L is the die length of the prism electrode 20 which met in the extension direction of the slab optical waveguide layer 18. Generally L/W is

called an aspect ratio.

[0032] Drawing 2 is an enlarged drawing at the time of impressing a negative predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20a1 to 20a4, and impressing a forward predetermined electrical potential difference to the prism electrode 20b1 to 20b4.

[0033] If a negative electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, the refractive index of a prism field will be set to  $n+\Delta n$ .

[0034] On the other hand, if a forward electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4, the refractive index of a prism field will be set to  $n-\Delta n$ .

[0035] Whenever the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 passes through a prism field, it polarizes, and it advances by the optical path as shown in drawing 2 .

[0036] Next, actuation of the optical switch by this operation gestalt is explained using drawing 3 .

[0037] Drawing 3 (a) shows the condition that the optical path is not switched, and drawing 3 (b) shows the condition that the optical path was switched.

[0038] First, the condition which shows in drawing 3 (a) is explained.

[0039] In the condition which shows in drawing 3 (a), since the electrical potential difference is impressed to neither of the prism electrodes 20, light does not polarize within the slab optical waveguide 18.

[0040] Therefore, the light introduced into the slab optical waveguide 18 through the lens 34 from channel waveguide 12a advances the inside of the slab optical waveguide 18, without polarizing, and is introduced into 12d of channel waveguides through a lens 34.

[0041] Moreover, the light introduced into the slab optical waveguide 18 through the lens 34 from channel waveguide 12b advances the inside of the slab optical waveguide 18, without polarizing, and is introduced into channel waveguide 12e through a lens 34.

[0042] Moreover, the light introduced into the slab optical waveguide 18 through the lens 34 from channel waveguide 12c advances the inside of the slab optical waveguide 18, without polarizing, and is introduced into 12f of channel waveguides through a lens 34.

[0043] Next, the condition which shows in drawing 3 (b) is explained.

[0044] In the condition which shows in drawing 3 (b), [ near the channel waveguide 12a ], a negative predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, and the forward predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4.

[0045] If a negative electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4 as mentioned above using drawing 2 , the refractive index of a prism field will be set to  $n+\Delta n$ . Moreover, if a forward electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4, the refractive index of a prism field will be set to  $n-\Delta n$ .

[0046] For this reason, whenever it passes through a prism field, a deflection angle becomes large, and it turns at the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 from channel waveguide 12a to the space down side. In this way, the light which polarized is introduced into the prism field near the channel waveguide 12e.

[0047] Near the channel waveguide 12e, a forward predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, and the negative predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4.

[0048] For this reason, the deflection angle becomes small whenever the light introduced into the prism field near the channel waveguide 12e passes through a prism field. And in case outgoing radiation is carried out from the outgoing radiation side of the slab optical waveguide 18, the travelling direction of light is in agreement with the optical axis of channel waveguide 12e. In this way, the light whose travelling direction corresponded with the optical axis of channel waveguide 12e is introduced into channel waveguide 12e through a lens 34.

[0049] On the other hand, near the channel waveguide 12b, a forward predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, and the negative predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4.

[0050] For this reason, whenever it passes through a prism field, a deflection angle becomes large, and it turns at the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 from channel waveguide 12b to space

above. In this way, the light which polarized is introduced into the prism field near the 12d of the channel waveguides. [0051] Near the 12d of the channel waveguides, a negative predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, and the forward predetermined electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4.

[0052] For this reason, the deflection angle becomes small whenever the light introduced into the prism field near the 12d of the channel waveguides passes through a prism field. And in case outgoing radiation is carried out from the outgoing radiation side of the slab optical waveguide 18, the travelling direction of light is in agreement with the optical axis of 12d of channel waveguides. In this way, the light which was in agreement with the optical axis whose travelling direction is 12d of channel waveguides is introduced into 12d of channel waveguides through a lens 34.

[0053] In this way, an optical path will be switched and the light which advances the inside of channel waveguide 12a will be introduced into channel waveguide 12e, respectively. Moreover, an optical path will be switched and the light which advances the inside of channel waveguide 12b will be introduced into 12d of channel waveguides, respectively.

[0054] On the other hand, the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4 near the channel waveguide 12c, 20b1 to 20b4, and the prism electrode 20a1 to 20a4 near the 12f of the channel waveguides and 20b1 to 20b4.

[0055] For this reason, the light introduced in the slab optical waveguide layer 18 through a lens 34 from channel waveguide 12c is introduced in 12f of channel waveguides, without switching an optical path.

[0056] The optical switch by this operation gestalt has one of the main descriptions in a big deflection angle as a whole being acquired by making two or more prism fields pass light.

[0057] In the optical switch proposed, since it was what polarizes towards a request of light only by one prism field, the high voltage had to be impressed to the prism electrode and it was not able to respond to the request of low-battery-izing of an optical switch.

[0058] On the other hand, with this operation gestalt, a big deflection angle as a whole is acquired by making two or more prism fields pass light. For this reason, the include angle at which even a prism field should polarize by hit is small, and this operation gestalt is sufficient for it. For this reason, according to this operation gestalt, the electrical potential difference which should be impressed to a prism electrode can be made low, and low-battery-ization of an optical switch can be realized.

[0059] Moreover, there is one of the main descriptions also in the optical switch by this operation gestalt being set up so that it may follow on being set up so that the width of face W of the prism electrode 20 may follow on estranging from the channel waveguides 12a-12c and may become large gradually, and approaching the channel waveguides 12d-12f and may become narrow gradually. That is, with this operation gestalt, it is set up so that the width of face W of the prism electrode 20 may become large gradually toward one end of the slab optical waveguide layer 18 to the inside.

[0060] Since the optical path bends whenever it passes through a prism field, it must be made for an optical path not to have to separate from a prism field in the optical switch by this operation gestalt. In order to make it an optical path not separate from a prism field, it is possible to form a big prism electrode with wide width of face, but when many big prism electrodes with only wide width of face have been arranged, the tooth space which a prism field takes becomes large, and cannot respond to the request of detailed-izing of an optical switch.

[0061] So, with this operation gestalt, it followed on estranging from the channel waveguides 12a-12c, it set up so that the width of face of a prism electrode might become large gradually, it followed on approaching the channel waveguides 12d-12f, and it has set up so that the width of face of a prism electrode may become narrow gradually.

[0062] Since the tooth space which a prism field takes can be made small, this preventing that an optical path separates from a prism field, according to this operation gestalt, detailed-ization of an optical switch is realizable.

[0063] Next, the manufacture approach of the optical switch by this operation gestalt is explained using drawing 4 . Drawing 4 is the process sectional view showing the manufacture approach of the optical switch by this operation gestalt.

[0064] In addition, only the formation approach of the optical deflection section is explained and suppose that explanation is omitted about the formation approach of other parts here.

[0065] First, as shown in drawing 4 (a), substrate 22a which consists of LiNbO<sub>3</sub> is prepared. Substrate 22a which consists of LiNbO<sub>3</sub> is for constituting a cladding layer 22.

[0066] Next, the Ti film 23 of 50nm of thickness is formed in the whole surface.

[0067] Next, Ti is diffused by performing 1100 degrees C and heat treatment of 10 hours. Thereby, the core layer 24 which consists of Ti diffusion field is formed (refer to drawing 4 (b)).

[0068] Next, as shown in drawing 4 (c), the cladding layer 26 which consists of SiO<sub>2</sub> of 200nm of thickness is formed in the whole surface by the sputter.

[0069] Next, as shown in drawing 4 (d), the prism electrode 20 which consists of aluminum of 500nm of thickness on a cladding layer 26 is formed by using the metal mask 36 as a mask by the sputter.

[0070] Next, the lower electrode 16 which consists of aluminum of 500nm of thickness is formed by the sputter.

[0071] Next, substrate 22a is cut in the configuration of the optical deflection section 14.

[0072] In this way, the optical deflection section 14 is formed (refer to drawing 4 (e)).

[0073] In this way, on a silicon substrate 10, the formed optical deflection section 14 is incorporated so that it may combine with the channel waveguides 12a-12f optically (refer to drawing 1 (a) and drawing 1 (b)).

[0074] In this way, the optical switch by this operation gestalt is manufactured.

[0075] The optical switch by the 2nd operation gestalt of [2nd operation gestalt] this invention is explained using drawing 5 and drawing 6 . Drawing 5 and drawing 6 are the top views showing the optical switch by this operation gestalt. the sign same to the same component as the optical switch by the 1st operation gestalt shown in drawing 1 thru/or drawing 4 etc. -- giving -- explanation -- an abbreviation -- or it is made brief.

[0076] The optical switch by this operation gestalt has the main descriptions in the ingredient from which a refractive index changes only to an one direction being used as an ingredient of a core layer 24.

[0077] The ingredient from which a refractive index changes only to an one direction is an ingredient with which a refractive index carries out only increment or reduction, as mentioned above.

[0078] As an ingredient which changes only to an one direction, a refractive index can use PLZT (Pb, La) (Zr, Ti) (TiO<sub>3</sub>). If electric field are impressed to PLZT, change of the refractive index of  $n\cdot\delta n$  will arise.

[0079] When an electrical potential difference is impressed to both prism electrodes 20a1 to 20a4 which are pairs when a refractive index uses for slab optical waveguide layer 18a the ingredient which changes only in an one direction, and 20b1 to 20b4, a refractive index cannot be set to  $n\cdot\delta n$  in which prism field, and light cannot be bent in one side.

[0080] So, when a refractive index uses the ingredient which changes only to an one direction, an electrical potential difference is impressed only to one [ the prism electrode 20a1 to 20a4 which is a pair, and ] 20b1 to 20b4 side.

[0081] Drawing 5 is the top view showing the case where impress an electrical potential difference only to the prism electrode 20b1 to 20b4 of a space top, and an electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4 of the space bottom.

[0082] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4, the prism field of  $n\cdot\delta n$  is constituted for a refractive index between the prism electrode 20b1 to 20b4, and the lower electrode 16.

[0083] On the other hand, since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, between the prism electrode 20a1 to 20a4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0084] For this reason, whenever the light introduced into slab optical waveguide layer 18a through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index  $n\cdot\delta n$ , it polarizes, and it turns at it to the space up side.

[0085] Drawing 6 is the top view showing the case where did not impress an electrical potential difference to the prism electrode 20b1 to 20b4 of the space bottom, but an electrical potential difference is impressed only to the prism electrode 20a1 to 20a4 of the space bottom.

[0086] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 20a1 to 20a4, the prism field of  $n\cdot\delta n$  is constituted for a refractive index between the prism electrode 20a1 to 20a4, and the lower electrode 16.

[0087] On the other hand, since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 20b1 to 20b4, between the prism electrode 20b1 to 20b4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0088] For this reason, whenever the light introduced into slab optical waveguide layer 18a through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index  $n\cdot\delta n$ , it polarizes, and it turns at it to the space down side.

[0089] Thus, in order according to this operation gestalt for while to be a pair and to impress an electrical potential

difference only to a near prism electrode, even if it is the case where the ingredient from which a refractive index changes only to an one direction is used for a slab optical waveguide layer, a detailed optical switch can be offered. [0090] The optical switch by the 3rd operation gestalt of [3rd operation gestalt] this invention is explained using drawing 7 . Drawing 7 is the top view showing the optical switch by this operation gestalt. the sign same to the same component as the optical switch by the 1st or 2nd operation gestalt shown in drawing 1 thru/or drawing 6 etc. -- giving -- explanation -- an abbreviation -- or it is made brief.

[0091] The optical switch by this operation gestalt has the main descriptions in being arranged so that the same prism electrode of magnitude may meet the optical path of the light deflected.

[0092] As shown in drawing 7 , with the optical switch by this operation gestalt, it is arranged so that the optical path of the polarizing light may be met, and the clearance of the prism electrode 38a1 to 38a4 and the prism electrode 38b1 to 38b4 may become large gradually. The prism electrode 38a1 to 38a4 and the magnitude of 38b1 to 38b4 are set as the same magnitude.

[0093] In addition, in the optical switch by this operation gestalt, the LiNbO<sub>3</sub> grade is used for the ingredient and concrete target from which a refractive index changes only in the two directions as an ingredient of a cladding layer 22.

[0094] In the optical switch by the 1st or 2nd operation gestalt, the prism electrode 20a1 to 20a4 and the width of face W of 20b1 to 20b4 were set up from one end of the slab optical waveguide layer 18, so that it might become large gradually toward the inside, so that an optical path might not separate from a prism field. For this reason, the prism electrode inside the slab optical waveguide layer 18 became big.

[0095] On the other hand, with this operation gestalt, since the prism electrode 38a1 to 38a4 and 38b1 to 38b4 are arranged so that the optical path of the light deflected may be met, even if it is the case where the prism electrodes 38a and 38b of the same magnitude have been arranged, an optical path does not separate from a prism field. For this reason, according to this operation gestalt, the prism electrode inside the slab optical waveguide layer 18 can also be made into a small thing.

[0096] Therefore, according to this operation gestalt, the tooth space taken to form a prism electrode can be made still smaller, and further detailed-ization of an optical switch can be realized.

[0097] Next, actuation of the optical switch by this operation gestalt is explained.

[0098] The continuous line of drawing 7 shows the condition of having bent the optical path to the space down side.

[0099] In bending an optical path to the space down side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 38a1 to 38a4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 38b1 to 38b4.

[0100] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 38a1 to 38a4, the prism field of n+delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 38a1 to 38a4, and the lower electrode 16.

[0101] On the other hand, since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 38b1 to 38b4, between the prism electrode 38b1 to 38b4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0102] For this reason, whenever the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n+delta n, it polarizes, and it turns at it to the space down side.

[0103] The broken line of drawing 7 shows the condition of having bent the optical path to the space up side.

[0104] In bending an optical path to the space up side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 38b1 to 38b4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 38a1 to 38a4.

[0105] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 38b1 to 38b4, the prism field of n+delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 38b1 to 38b4, and the lower electrode 16.

[0106] On the other hand, since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 38a1 to 38a4, between the prism electrode 38a1 to 38a4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0107] For this reason, whenever the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n+delta n, it polarizes, and it turns at it to the space up side.

[0108] (Modification) Next, the optical switch by the modification of this operation gestalt is explained using drawing 8 and drawing 9 . Drawing 8 is the top view showing the optical switch by this modification. Drawing 9 is the top view showing arrangement of the prism electrode of the optical switch by this modification.

[0109] The optical switch by this modification has one of the main descriptions in the ingredient from which a refractive index changes only to an one direction being used as an ingredient of a core layer 24.

[0110] Since the ingredient from which a refractive index changes to slab optical waveguide layer 18a only in an one direction is used in this modification, in having arranged the prism electrode like the optical switch shown in drawing 7 , light cannot be deflected towards desired.

[0111] So, with this operation gestalt, the prism electrode 40a1 to 40a4 and 40b1 to 40b4 are arranged to the sense as shown in drawing 8 .

[0112] Even if it is the case where the ingredient from which a refractive index changes to slab optical waveguide layer 18a only in an one direction by arranging the prism electrode 40a1 to 40a4 and 40b1 to 40b4 in this way is used, it becomes possible to deflect light towards desired.

[0113] Thus, since according to this modification it is arranged as shown to drawing 8 in the prism electrode 40a1 to 40a4, and 40b1 to 40b4, even if it is the case where the ingredient from which a refractive index changes to slab optical waveguide layer 18a only in an one direction is used, light can be polarized towards desired.

[0114] Moreover, the optical switch by this modification has one of the main descriptions also in the prism electrode 40b2 to 40b4 being leaned so that the incident angle of light may become small.

[0115] As shown in drawing 9 (a), when the side by the side of the incidence of the prism electrode 40 is set as the side by the side of the incidence of slab optical waveguide layer 18a, and parallel, the incident angle of light will become large and reflection loss will become large.

[0116] On the other hand, in this modification, as shown in drawing 9 (b), the side by the side of the incidence of the prism electrode 40b2 to 40b4 is set up so that only theta' may incline to the side by the side of the incidence of slab optical waveguide 18a. For this reason, according to this modification, the incident angle of light can be made small and it becomes possible to make reflection loss small. In addition, the value of theta' can be set as the value of the maximum deflection angle by the prism field, for example, one half.

[0117] Thus, since according to this modification the prism electrode is leaned and arranged so that an incident angle may become small, reflection loss can be made small and an optical switch with a good optical property can be offered.

[0118] Next, actuation of the optical switch by this modification is explained.

[0119] The continuous line of drawing 8 shows the condition of having bent the optical path to the space up side.

[0120] In bending an optical path to the space up side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 40b1 to 40b4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 40a1 to 40a4.

[0121] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 40b1 to 40b4, the prism field of n-delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 40b1 to 40b4, and the lower electrode 16.

[0122] Since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 40a1 to 40a4, between the prism electrode 40a1 to 40a4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0123] For this reason, whenever the light introduced into slab optical waveguide layer 18a through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n-delta n, it polarizes, and it turns at it to the space up side.

[0124] On the other hand, the broken line of drawing 8 shows the condition of having bent the optical path to the space down side.

[0125] In bending an optical path to the space down side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 40a1 to 40a4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 40b1 to 40b4.

[0126] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 40a1 to 40a4, the prism field of n-delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 40a1 to 40a4, and the lower electrode 16.

[0127] Since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 40b1 to 40b4, between the prism electrode 40b1 to 40b4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0128] For this reason, whenever the light introduced into slab optical waveguide layer 18a through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n-delta n, it polarizes, and it turns at it to the space down side.

The optical switch by the 4th operation gestalt of [4th operation gestalt] this invention is explained using drawing 10 . Drawing 10 is the top view showing the optical switch by this operation gestalt. the sign same to the same component as the optical switch by the 1st thru/or the 3rd operation gestalt shown in drawing 1 thru/or drawing 9 etc. -- giving --

explanation -- an abbreviation -- or it is made brief.

[0129] The optical switch by this operation gestalt has the main descriptions in the electrodes 44a and 44b for fine tuning other than the prism electrode 42a1 to 42a4 and 42b1 to 42b4 being formed further.

[0130] As for the electrodes 44a and 44b for fine tuning, an electrical potential difference is impressed in analog. The electrical potential difference VA (V) impressed to the electrodes 44a and 44b for fine tuning can be suitably set up in the range of 0(V) - VD(V), for example, if the prism electrode 42a1 to 42a4 and the electrical potential difference impressed to 42b1 to 42b4 are set to VD (V).

[0131] Since the prism electrode 42a1 to 42a4 and 42b1 to 42b4 are those to which the refractive index of a prism field is changed by turning on and turning off the electrical potential difference to impress, change deltan of a refractive index becomes the same in any prism field. For this reason, the prism electrode 42a1 to 42a4 and 42b1 to 42b4 are not suitable for tuning an optical path finely.

[0132] On the other hand, since the electrodes 44a and 44b for fine tuning are those to which an electrical potential difference is impressed in analog, they can tune an optical path finely.

[0133] Thus, according to this operation gestalt, since the electrode for fine tuning is prepared separately from a prism electrode, an optical path can be tuned finely.

[0134] Next, actuation of the optical switch by this operation gestalt is explained.

[0135] The continuous line of drawing 10 shows the condition of having bent the optical path to the space up side.

[0136] In bending an optical path to the space up side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 42b1 to 42b4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 42a1 to 42a4.

[0137] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 42b1 to 42b4, the prism field of n-delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 42b1 to 42b4, and the lower electrode 16.

[0138] Since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 42a1 to 42a4, between the prism electrode 42a1 to 42a4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0139] For this reason, whenever the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n-delta n, it polarizes, and it turns at it to the space up side.

[0140] On the other hand, the broken line of drawing 10 shows the condition of having bent the optical path to the space down side.

[0141] In bending an optical path to the space down side, an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 42a1 to 42a4, and it does not impress an electrical potential difference to the prism electrode 42b1 to 42b4.

[0142] When an electrical potential difference is impressed to the prism electrode 42a1 to 42a4, the prism field of n-delta n is constituted for a refractive index between the prism electrode 42a1 to 42a4, and the lower electrode 16.

[0143] Since the electrical potential difference is not impressed to the prism electrode 42b1 to 42b4, between the prism electrode 42b1 to 42b4, and the lower electrode 16, a prism field is not constituted but a refractive index serves as as [ n ].

[0144] For this reason, whenever the light introduced into the slab optical waveguide layer 18 through the lens 34 passes through the prism field of refractive-index n-delta n, it polarizes, and it turns at it to the space down side.

[0145] In tuning an optical path finely, it impresses analog voltage to the electrodes 44a and 44b for fine tuning.

[0146] Since the prism electrode 42a1 to 42a4 and 42b1 to 42b4 are what turns on and turns off impression of a fixed electrical potential difference, an optical path cannot be tuned finely, but since the electrodes 44a and 44b for fine tuning are what impresses analog voltage, they can tune an optical path finely.

[0147] According to this operation gestalt, since an optical path can be tuned finely, the optical switch of a better property can be offered.

[0148] The optical polarizing element by the 5th operation gestalt of [5th operation gestalt] this invention is explained using drawing 11 . Drawing 11 is the top view showing the optical polarizing element by this operation gestalt. the sign same to the same component as the optical switch by the 1st thru/or the 4th operation gestalt shown in drawing 1 thru/or drawing 10 etc. -- giving -- explanation -- an abbreviation -- or it is made brief.

[0149] The optical polarizing element by this operation gestalt has the main descriptions in two or more formation of two or more prism electrodes 46a1 to 46a3 with which aspect ratio L/W differs being carried out.

[0150] As shown in drawing 11 , with this operation gestalt, the prism electrode 46a1 of aspect ratio L/W=1, the prism

electrode 46a2 of aspect ratio L/W=2, and the prism electrode 46a3 of aspect ratio L/W=4 are formed.

[0151] In the prism field of aspect ratio L/W=2, a twice as many deflection angle as this can be acquired as compared with the prism field of aspect ratio L/W=1.

[0152] Moreover, in the prism field of aspect ratio L/W=4, a 4 times as many deflection angle as this can be acquired as compared with the prism field of aspect ratio L/W=1.

[0153] If the deflection angle in the prism field of aspect ratio L/W=1 is set to  $\Delta\theta$ , the deflection angle in the prism field of aspect ratio L/W=2 will be set to 2 and  $\Delta\theta$ , and the deflection angle in the prism field of aspect ratio L/W=4 will be set to 4 and  $\Delta\theta$ .

[0154] That is, with this operation gestalt, the deflection angle acquired by each prism field succeeds in weighting.

[0155] It is  $\theta$  when the deflection angle finally acquired is set to  $\theta = \Delta\theta \cdot SW_1 + 2 \cdot \Delta\theta \cdot SW_2 + 4 \cdot \Delta\theta \cdot SW_3$ . It becomes 4 and  $\Delta\theta$ .

[0156]  $SW_n$  is 1 when the applied voltage to n-th prism electrode 46an is ON, and it is 0 at the time of OFF.

[0157] Table 1 is a graph which shows the deflection angle  $\theta$  acquired when the applied voltage to prism electrode 46an is turned on and turned off.

[0158]

[Table 1]

状態	SW <sub>1</sub> (L/W=1)	SW <sub>2</sub> (L/W=2)	SW <sub>3</sub> (L/W=4)	偏向角 $\theta$
1	0	0	0	0
2	1	0	0	$1 \cdot \Delta\theta$
3	0	1	0	$2 \cdot \Delta\theta$
4	1	1	0	$3 \cdot \Delta\theta$
5	0	0	1	$4 \cdot \Delta\theta$
6	1	0	1	$5 \cdot \Delta\theta$
7	0	1	1	$6 \cdot \Delta\theta$
8	1	1	1	$7 \cdot \Delta\theta$

[0159] As shown in Table 1, the value of the deflection angle  $\theta$  can be set as eight kinds of 0 · 7, and  $\Delta\theta$  by turning on and turning off impression of the electrical potential difference to prism electrode 46an.

[0160] In addition, although the case where three prism electrodes 46a1 to 46a3 of aspect ratio L/W=1, and 2 and 4 were formed was explained to the example, the number of prism electrodes is not limited to three here. If aspect ratio L/W=1, 2 and 4, ..., n prism electrodes of  $2n-1$  are formed, a deflection angle can be set as  $2n$  kind.

[0161] Thus, since n prism electrodes with which the ratio of aspect ratio L/W was set up the square twice of 2 are prepared according to this operation gestalt, by turning on and turning off suitably impression of the electrical potential difference to each prism electrode, a deflection angle can be controlled in digital one and  $2n$  a kind of deflection angle can be acquired.

[0162] (Modification (the 1)) Next, the modification (the 1) of the optical polarizing element by this operation gestalt is explained using drawing 12 . Drawing 12 is the top view showing the optical polarizing element by this modification.

[0163] The optical polarizing element by this modification has the main descriptions in electrode 44a for fine tuning other than the prism electrode 46a1 to 46a3 being prepared further.

[0164] According to this modification, since electrode 44a for fine tuning is prepared further, a refractive index can be finely tuned by impressing analog voltage to electrode 44a for fine tuning.

[0165] Therefore, according to this modification, an optical path can be tuned finely.

[0166] (Modification (the 2)) Next, the modification (the 2) of the optical polarizing element by this operation gestalt is explained using drawing 13 . Drawing 13 is the top view showing the optical polarizing element by this modification.

[0167] The optical polarizing element by this modification has the main descriptions in being formed so that a prism electrode may succeed in a pair.

[0168] As shown in drawing 11 , in this modification, the prism electrode 46b1 to 46b3 is formed so that it may succeed in the prism electrode 46a1 to 46a3, and a pair.

[0169] The prism electrode 46b1 is set as aspect ratio L/W=1, the prism electrode 46b2 is set as aspect ratio L/W=2, and the prism electrode 46a3 is set as aspect ratio L/W=4.

[0170] Since according to this modification it is formed so that the prism electrode 46a1 to 46a3 and the prism electrode 46b1 to 46b3 may succeed in a pair, light can be polarized also to the space up side by impressing an electrical potential difference to the prism electrode 46b1 to 46b3.

[0171] Therefore, according to this modification,  $22n \cdot$  one kind of deflection angle can be acquired by setting up suitably the prism electrode 46a1 to 46a3, and the electrical potential difference impressed to 46b1 to 46b3.

[0172] Not only the above-mentioned operation gestalt but various deformation is possible for [deformation implementation gestalt] this invention.

[0173] For example, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where LiNbO<sub>3</sub> was used as an ingredient from which a refractive index may be changed in the two directions to the example, the ingredient from which a refractive index may be changed in the two directions is not limited to LiNbO<sub>3</sub>, and can also use LiTaO<sub>3</sub> grade. In addition, LiTaO<sub>3</sub> is the ingredient of an ilmenite system like LiNbO<sub>3</sub>.

[0174] Moreover, although the refractive index explained PLZT to the example with the above-mentioned operation gestalt as an ingredient which changes only to an one direction, the ingredient from which a refractive index changes only to an one direction is not limited to PLZT. For example, BaTiO<sub>3</sub>, PZT (Pb(Zr, Ti) O<sub>3</sub>), PLT (Pb, La) (TiO<sub>3</sub>), etc. can be used. These are the ingredients of a perovskite system like PLZT. Moreover, KDP (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) which is the ingredient of tetragonal system can also be used. Moreover, SBN (Sr, Ba) (Nb 2O<sub>6</sub>) which is the ingredient of a tungsten bronze system can also be used.

[0175] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although the configuration of a prism electrode was set as the right triangle, the configuration of a prism electrode is not limited to a right triangle, and as long as it is a configuration which can constitute a prism field, it may be set as what kind of configuration. That is, as long as it is the configuration from which the incident angle and outgoing radiation angle of light differ, you may set it as what kind of configuration. For example, it can set to a wedge, a trapezoid, etc.

[0176] Moreover, what is necessary is just to set up suitably so that it may not be limited to setting up so that the width of face W of a prism electrode may not necessarily spread gradually, although it set up so that it might become gradually large toward one end of a slab optical waveguide layer to the inside at the 1st and 2nd operation gestalt about the width of face W of a prism electrode and an optical path may not separate from a prism field.

[0177] Moreover, although the 5th operation gestalt explained the case where aspect ratio L/W of a prism electrode was set as 1, 2, 4, ...,  $2n \cdot 1$  to the example, it is not necessary to necessarily set the value of aspect ratio L/W of a prism electrode as an integer, and the ratio of aspect ratio L/W of a prism electrode should just be set up the n-th power twice of 2. For example, aspect ratio L/W of a prism electrode may be set up with m, 2m, 4m, ...,  $2n \cdot 1$  m (m is the positive number of arbitration).

[0178] Moreover, with the 1st thru/or the 4th operation gestalt, although the optical switch was explained to the example, the principle of this invention is applicable not only to an optical switch but all optical equipments.

[0179] Moreover, with the 5th operation gestalt, although the optical polarizing element was explained to the example, the principle of this invention is applicable not only to an optical polarizing element but all optical equipments.

[0180] (Additional remark 1) A lower electrode and the optical waveguide layer from which it is formed on said lower electrode, and a refractive index changes with the electro-optical effects, Optical equipment characterized by the width of face of said prism electrode which has two or more prism electrodes formed on said optical waveguide layer, and was formed inside said optical waveguide layer being wider than the width of face of said prism electrode formed in one end of said optical waveguide layer.

[0181] (Additional remark 2) Optical equipment characterized by being arranged so that it may have two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer and said two or more prism electrodes may meet the optical path of the light deflected.

[0182] (Additional remark 3) Optical equipment characterized by tuning an optical path finely by having two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide

layer, and the electrode for fine tuning formed on said optical waveguide layer, and impressing analog voltage to said electrode for fine tuning.

[0183] (Additional remark 4) Optical equipment characterized by having two or more prism electrodes which were formed on the lower electrode and said lower electrode, and were formed on the optical waveguide layer from which a refractive index changes with the electro-optical effects, and said optical waveguide layer, and with which aspect ratios differ mutually.

[0184] (Additional remark 5) Optical equipment characterized by setting up the ratio of the aspect ratio of two or more of said prism electrodes in the optical equipment of additional remark 4 publication so that it may become twice [ n<sup>th</sup> power ] 2.

[0185] (Additional remark 6) It is optical equipment characterized by being formed so that said two or more prism electrodes may succeed in a pair in optical equipment additional remark 1 thru/or given in either of 5.

[0186] (Additional remark 7) It is optical equipment characterized by impressing an electrical potential difference only to said one [ which has the ingredient with which, as for said optical waveguide layer, a refractive index carries out only increment or reduction in the optical equipment of additional remark 6 publication, and succeeds in a pair ] two or more prism electrode side.

[0187] (Additional remark 8) Said prism electrode is optical equipment characterized by being leaned and arranged so that the incident angle of light may become small in optical equipment additional remark 1 thru/or given in either of 7.

[0188]

[Effect of the Invention] Since a big deflection angle as a whole can be acquired by making two or more prism fields pass light according to this invention the above passage, the include angle at which even a prism field should polarize by hit is small, and it is sufficient for it. For this reason, according to this invention, the electrical potential difference which should be impressed to a prism electrode can be made low, and low-battery-ization of optical equipment can be realized.

[0189] Moreover, the tooth space which a prism field takes can be made small, preventing that an optical path separates from a prism field, since according to this invention it is set up so that the width of face W of a prism electrode may become large gradually toward one end of a slab optical waveguide layer to the inside. Therefore, according to this invention, detailed-ization of optical equipment is realizable.

[0190] Moreover, in order according to this invention for while to be a pair and to impress an electrical potential difference only to a near prism electrode, even if it is the case where the ingredient from which a refractive index changes only to an one direction is used for a slab optical waveguide layer, detailed optical equipment can be offered.

[0191] Moreover, since according to this invention the prism electrode is arranged so that the optical path of the light deflected may be met, even if it is the case where the prism electrode of the same magnitude has been arranged, it can prevent that an optical path separates from a prism field. For this reason, according to this invention, the prism electrode inside a slab optical waveguide layer can also be made into a small thing, and the tooth space taken to form a prism electrode can be made still smaller. Therefore, according to this invention, the further detailed-ization of optical equipment is realizable.

[0192] Moreover, since according to this invention the prism electrode is leaned so that the incident angle of light may become small, reflection loss can be made small. For this reason, according to this invention, optical equipment with a good optical property can be offered.

[0193] Moreover, since the electrode for fine tuning with which an electrical potential difference is impressed in analog is prepared separately from a prism electrode according to this invention, an optical path can be tuned finely.

[0194] Moreover, since n prism electrodes with which the ratio of aspect ratio L/W was set up the square twice of 2 are prepared according to this invention, by turning on and turning off suitably impression of the electrical potential difference to each prism electrode, a deflection angle can be controlled in digital one and 2n a kind of deflection angle can be acquired. Furthermore, 22n - one kind of deflection angle can also be acquired by forming a prism electrode so that it may succeed in a pair.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view and top view showing the optical switch by the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the enlarged drawing showing the optical switch by the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the top view showing actuation of the optical switch by the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is the process sectional view showing the manufacture approach of the optical switch by the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the top view (the 1) showing the optical switch by the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the top view (the 2) showing the optical switch by the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is the top view showing the optical switch by the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is the top view showing the optical switch by the modification of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is the top view showing arrangement of the prism electrode of the optical switch by the modification of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] It is the top view showing the optical switch by the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 11] It is the top view showing the optical polarizing element by the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 12] It is the top view showing the optical polarizing element by the modification (the 1) of the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 13] It is the top view showing the optical polarizing element by the modification (the 2) of the 5th operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

10 .. Silicon substrate

12a-12f .. Channel waveguide

14 .. Optical deflection section

16 .. Lower electrode

18 18a .. Slab optical waveguide layer

20, 20a1 to 20a4, 20b1 to 20b4 .. Prism electrode

22 .. Cladding layer

22a .. Substrate

23 .. Ti film

24 .. Core layer

26 .. Cladding layer

28 .. Silicon layer

30 .. Cladding layer

32 .. Core layer

34 .. Lens

36 .. Metal mask

38a1 to 38a4, 38b1 to 38b4 .. Prism electrode

40, 40a1 to 40a4, 40b1 to 40b4 .. Prism electrode

42a1 to 42a4, 42b1 to 42b4 .. Prism electrode

44a, 44b .. Electrode for fine tuning

46a1 to 46a3, 46b1 to 46b3 .. Prism electrode

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-84319

(P2003-84319A)

(43)公開日 平成15年3月19日 (2003.3.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/295  
G 0 2 B 6/12

識別記号

F I

テマコード<sup>\*</sup>(参考)

G 0 2 F 1/295  
G 0 2 B 6/12

2 H 0 4 7  
J 2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21)出願番号

特願2001-277863(P2001-277863)

(22)出願日

平成13年9月13日 (2001.9.13)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 青木 剛

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 石井 雅俊

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100087479

弁理士 北野 好人 (外1名)

最終頁に続く

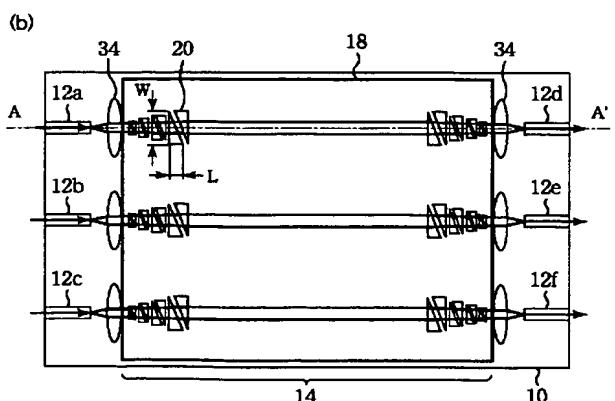
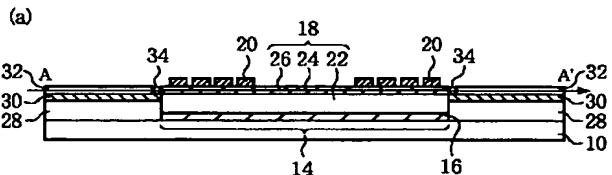
(54)【発明の名称】 光学装置

(57)【要約】

【課題】 低電圧化、微細化を実現しうる光学装置を提供する。

【解決手段】 下部電極16と、下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層18と、光導波路層上に形成された複数のプリズム電極20とを有し、光導波路層の内側に形成されたプリズム電極の幅が、光導波路層の端側に形成されたプリズム電極の幅より広くなっている。

本発明の第1実施形態による光スイッチを示す断面図及び平面図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部電極と、  
前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、  
前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、  
前記光導波路層の内側に形成された前記プリズム電極の幅が、前記光導波路層の端側に形成された前記プリズム電極の幅より広いことを特徴とする光学装置。

【請求項2】 下部電極と、  
前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、  
前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、  
前記複数のプリズム電極が、偏向される光の光路に沿うように配置されていることを特徴とする光学装置。

【請求項3】 下部電極と、  
前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、  
前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極と、  
前記光導波路層上に形成された微調整用電極とを有し、  
前記微調整用電極にアナログ電圧を印加することにより光路を微調整することを特徴とする光学装置。

【請求項4】 下部電極と、  
前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、  
前記光導波路層上に形成された、縦横比が互いに異なる複数のプリズム電極とを有することを特徴とする光学装置。

【請求項5】 請求項4記載の光学装置において、  
前記複数のプリズム電極の縦横比の比が、2のn乗倍になるように設定されていることを特徴とする光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学装置に係り、特に、光路の切り換えや光の偏向を行い得る光学装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光スイッチは、光通信ネットワークの中で、光の経路を切り換える中継点として機能するものであり、光通信ネットワークを構築する上で不可欠な構成要素である。

【0003】近時、電気光学効果（Electro-Optic Effect、EO効果）により光の経路を切り換える光スイッチが提案されている。提案されている光スイッチは、光導波路層に電界を印加し、電気光学効果により屈折率を制御することで、光の経路を切り換えるものであり、高速スイッチングが可能である。また、大電流を流すことを要しないため、熱光学スイッチと比較して、格段に消費電力を低減することができる。また、機械的に可動する部

分が存在しないため、高い信頼性を得ることができる。

【0004】電気光学効果により光の経路を切り換える光スイッチは、特開平6-118454号公報、特開2000-180905号公報、特開2000-241836号公報、特開2000-180904号公報等に記載されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、電気光学効果による屈折率の変化は、印加電圧に比例するものである。このため、提案されている光スイッチでは、大きな偏向角を得るためにには、高電圧を印加しなければならなかった。また、光の偏向角の大きさは、光導波路層上に形成されたプリズム電極の縦横比L/Wに比例するものである。このため、提案されている光スイッチでは、大きな偏向角を得るためにには、プリズム電極の幅Wに対して長さLを十分に長く設定しなければならず、プリズム電極を形成するために要するスペースが大きくなってしまっていた。このため、提案されている光スイッチは、低電圧化、微細化の要請に十分応えることができなかった。

【0006】本発明の目的は、低電圧化、微細化を実現しうる光学装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、前記光導波路層の内側に形成された前記プリズム電極の幅が、前記光導波路層の端側に形成された前記プリズム電極の幅より広いことを特徴とする光学装置により達成される。

【0008】また、上記目的は、下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、前記複数のプリズム電極が、偏向される光の光路に沿うように配置されていることを特徴とする光学装置により達成される。

【0009】また、上記目的は、下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極と、前記光導波路層上に形成された微調整用電極とを有し、前記微調整用電極にアナログ電圧を印加することにより光路を微調整することを特徴とする光学装置により達成される。

【0010】また、上記目的は、下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された、縦横比が互いに異なる複数のプリズム電極とを有することを特徴とする光学装置により達成される。

## 【0011】

【発明の実施の形態】【第1実施形態】本発明の第1実

施形態による光スイッチを図1乃至図4を用いて説明する。図1は、本実施形態による光スイッチを示す断面図及び平面図である。図1(a)は、本実施形態による光スイッチを示す断面図であり、図1(b)は、本実施形態による光スイッチを示す平面図である。図1(a)は、図1(b)のA-A'線断面図である。図2は、本実施形態による光スイッチを示す拡大図である。図3は、本実施形態による光スイッチの動作を示す平面図である。

【0012】図1(a)及び図1(b)に示すように、本実施形態による光スイッチは、シリコン基板10上に形成された複数のチャネル導波路12a～12fと、チャネル導波路12a～12fに光学的に結合され、光を偏向し得る光偏向部14とを有している。

【0013】光偏向部14は、A1より成る下部電極16と、下部電極16上に形成され、チャネル導波路12a～12fに光学的に結合するスラブ光導波路層18と、スラブ光導波路層18上に形成された複数のプリズム電極20により構成されている。

【0014】プリズム電極20は、スラブ光導波路層18に電界を印加し、電気光学効果により、プリズム電極20と下部電極16との間に挟まれた領域の光の屈折率を制御するものである。

【0015】スラブ光導波路層18は、例えばLiNbO<sub>3</sub>より成るクラッド層22と、クラッド層22上に形成された例えばTi拡散領域より成るコア層24と、コア層24上に形成されたSiO<sub>2</sub>より成るクラッド層26とにより構成されている。

【0016】LiNbO<sub>3</sub>は、電界を加えると、電気光学効果により屈折率が変化する材料である。

【0017】電気光学効果により屈折率が変化する材料としては、屈折率の変化が二方向の材料、即ち、印加する電界の方向に応じて屈折率が増減する材料と、屈折率の変化が一方向の材料、即ち、屈折率が例えば減少のみする材料とがある。LiNbO<sub>3</sub>は、屈折率の変化が二方向の材料である。

【0018】スラブ光導波路層18に、電気光学効果により屈折率が変化する材料が用いられているため、プリズム電極20への印加電圧をオン、オフすることにより、プリズム電極20と下部電極16とにより挟まれた領域の屈折率を変化させることができる。

【0019】本明細書中では、プリズム電極20と下部電極16との間に挟まれ、電界を印加することにより屈折率を変化させ得る領域を、プリズム領域という。プリズム領域は、実質的にプリズムとして機能し、光を偏向することができます。

【0020】チャネル導波路12a～12fは、シリコン基板10上にシリコン層28を介して形成されたクラッド層30と、クラッド層30上に形成されたコア層32と、コア層32上に形成されたクラッド層(図示せ

ず)とにより構成されている。

【0021】スラブ光導波路層18の入射側には、3本のチャネル導波路12a～12cが設けられている。スラブ光導波路層18の出射側には、3本のチャネル導波路層12d～12fが設けられている。

【0022】なお、ここでは、入射側のチャネル導波路12a～12cの数が3本、出射側のチャネル導波路12d～12fの数が3本の場合を例に説明するが、更に多くのチャネル導波路を設けて、チャネル数を多くしてもよい。

【0023】チャネル導波路12a～12fとスラブ光導波路層18との間には、それぞれレンズ34が設けられている。

【0024】チャネル導波路12a～12c内を進行する光は、レンズ34を介して、スラブ光導波路層18に導入されるようになっている。また、スラブ光導波路層18内を進行する光は、レンズ34を介して、チャネル導波路12d～12fに導入されるようになっている。

【0025】プリズム電極20は、チャネル導波路12a～12fの近傍に複数形成されている。プリズム電極20は対を為しており、斜辺が互いに対向している。また、プリズム電極20の形状は、三角形に設定されている。

【0026】チャネル導波路12a～12cの近傍に形成されたプリズム電極20の幅Wは、チャネル導波路12a～12cから離間するに伴って、徐々に広くなるように設定されている。

【0027】一方、チャネル導波路12d～12fの近傍に形成されたプリズム電極20の幅Wは、チャネル導波路12d～12fに近接するに伴って、徐々に狭くなるように設定されている。

【0028】換言すれば、プリズム電極20の幅Wは、スラブ光導波路層18の端側から内側に向かって徐々に広くなるように設定されている。

【0029】プリズム電極20に電圧を印加しないときのスラブ光導波路層18の屈折率をnとし、プリズム電極20に正の所定電圧を印加したときのプリズム領域の屈折率の変化を-△nとすると、プリズム電極20に正の所定電圧を印加したときのプリズム領域の屈折率は、例えばn-△nで表される。

【0030】一方、プリズム電極20に負の所定電圧を印加したときのプリズム領域の屈折率の変化を+△nとすると、プリズム電極20に負の所定電圧を印加したときのプリズム領域の屈折率は、例えばn+△nで表される。

【0031】プリズム電極20の幅をWとし、プリズム電極20の長さをLすると、一つのプリズム領域を通過することにより生ずる光の偏向角△θは、  

$$\Delta\theta = \Delta n \times (L/W)$$

で表される。ここで、幅Wは、スラブ光導波路層18の

延在方向に対して垂直な方向のプリズム電極20の幅であり、長さしは、スラブ光導波路層18の延在方向に沿ったプリズム電極20の長さである。L/Wは、一般に、縦横比と称される。

【0032】図2は、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に負の所定電圧を印加し、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に正の所定電圧を印加した場合の拡大図である。

【0033】プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に負の電圧を印加すると、プリズム領域の屈折率はn+△nとなる。

【0034】一方、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に正の電圧を印加すると、プリズム領域の屈折率はn-△nとなる。

【0035】レンズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、プリズム領域を通過する毎に偏光され、図2に示すような光路で進行する。

【0036】次に、本実施形態による光スイッチの動作について図3を用いて説明する。

【0037】図3(a)は、光路が切り換えられない状態を示しており、図3(b)は、光路が切り換えられた状態を示している。

【0038】まず、図3(a)に示す状態について説明する。

【0039】図3(a)に示す状態では、いずれのプリズム電極20にも電圧が印加されていないため、スラブ光導波路18内で光が偏光されることはない。

【0040】従って、チャネル導波路12aからレンズ34を介してスラブ光導波路18に導入された光は、偏光されることなくスラブ光導波路18内を進行し、レンズ34を介して、チャネル導波路12dに導入される。

【0041】また、チャネル導波路12bからレンズ34を介してスラブ光導波路18に導入された光は、偏光されることなくスラブ光導波路18内を進行し、レンズ34を介して、チャネル導波路12eに導入される。

【0042】また、チャネル導波路12cからレンズ34を介してスラブ光導波路18に導入された光は、偏光されることなくスラブ光導波路18内を進行し、レンズ34を介して、チャネル導波路12fに導入される。

【0043】次に、図3(b)に示す状態について説明する。

【0044】図3(b)に示す状態では、チャネル導波路12aの近傍において、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に負の所定電圧が印加され、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に正の所定電圧が印加されている。

【0045】図2を用いて上述したように、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に負の電圧を印加すると、プリズム領域の屈折率はn+△nとなる。また、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に正の電圧を印加すると、プリズム領域の屈折率はn-△nとなる。

【0046】このため、チャネル導波路12aからレン

ズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、プリズム領域を通過する毎に偏向角が大きくなり、紙面下側に曲がっていく。こうして偏光された光は、チャネル導波路12eの近傍のプリズム領域に導入される。

【0047】チャネル導波路12eの近傍では、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に正の所定電圧が印加され、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に負の所定電圧が印加されている。

10 【0048】このため、チャネル導波路12eの近傍のプリズム領域に導入された光は、プリズム領域を通過する毎に、偏向角が小さくなっていく。そして、スラブ光導波路18の出射側から出射される際には、光の進行方向は、チャネル導波路12eの光軸と一致する。こうして進行方向がチャネル導波路12eの光軸と一致した光は、レンズ34を介して、チャネル導波路12eに導入される。

【0049】一方、チャネル導波路12bの近傍では、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に正の所定電圧が印加され、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>には負の所定電圧が印加されている。

【0050】このため、チャネル導波路12bからレンズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、プリズム領域を通過する毎に偏向角が大きくなり、紙面上方向に曲がっていく。こうして偏光された光は、チャネル導波路12dの近傍のプリズム領域に導入される。

【0051】チャネル導波路12dの近傍では、プリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>に負の所定電圧が印加され、プリズム電極20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>に正の所定電圧が印加されている。

【0052】このため、チャネル導波路12dの近傍のプリズム領域に導入された光は、プリズム領域を通過する毎に、偏向角が小さくなっていく。そして、スラブ光導波路18の出射側から出射される際には、光の進行方向は、チャネル導波路12dの光軸と一致する。こうして進行方向がチャネル導波路12dの光軸と一致した光は、レンズ34を介して、チャネル導波路12dに導入される。

40 【0053】こうして、チャネル導波路12a内を進行する光は、光路が切り換えられ、それぞれチャネル導波路12eに導入されることとなる。また、チャネル導波路12b内を進行する光は、光路が切り換えられ、それぞれチャネル導波路12dに導入されることとなる。

【0054】一方、チャネル導波路12cの近傍のプリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>、20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>と、チャネル導波路12fの近傍のプリズム電極20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>、20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub>には、電圧が印加されていない。

50 【0055】このため、チャネル導波路12cからレン

ズ3 4を介してスラブ光導波路層1 8内に導入される光は、光路が切り換えられることなく、チャネル導波路1 2 f内に導入される。

【0056】本実施形態による光スイッチは、複数のプリズム領域に光を通過させることにより、全体として大きな偏向角が得られるようになっていることに、主な特徴の一つがある。

【0057】提案されている光スイッチでは、一つのプリズム領域のみにより光を所望の方向に偏光するものであったため、プリズム電極に高電圧を印加しなければならず、光スイッチの低電圧化の要請に応えられなかつた。

【0058】これに対し、本実施形態では、複数のプリズム領域に光を通過させることにより、全体として大きな偏向角を得るものである。このため、本実施形態では、プリズム領域一つ当たりで偏光すべき角度は小さくて足りる。このため、本実施形態によれば、プリズム電極に印加すべき電圧を低くすることができ、光スイッチの低電圧化を実現することができる。

【0059】また、本実施形態による光スイッチは、プリズム電極2 0の幅Wが、チャネル導波路1 2 a～1 2 cから離間するに伴って徐々に広くなるように設定されており、チャネル導波路1 2 d～1 2 fに近接するに伴って徐々に狭くなるように設定されていることにも、主な特徴の一つがある。即ち、本実施形態では、プリズム電極2 0の幅Wが、スラブ光導波路層1 8の端側から内側に向かって徐々に広くなるように設定されている。

【0060】本実施形態による光スイッチでは、プリズム領域を通過する毎に光路が曲がっていくため、光路がプリズム領域から外れないようにしなければならない。光路がプリズム領域から外れないようにするためには、幅の広い大きなプリズム電極を形成することが考えられるが、単に幅の広い大きなプリズム電極を多数配置した場合には、プリズム領域を要するスペースが大きくなってしまい、光スイッチの微細化の要請に応えられない。

【0061】そこで、本実施形態では、チャネル導波路1 2 a～1 2 cから離間するに伴って、プリズム電極の幅が徐々に広くなるように設定し、チャネル導波路1 2 d～1 2 fに近接するに伴って、プリズム電極の幅が徐々に狭くなるように設定している。

【0062】これにより、光路がプリズム領域から外れてしまうのを防止しつつ、プリズム領域を要するスペースを小さくすることができるので、本実施形態によれば、光スイッチの微細化を実現することができる。

【0063】次に、本実施形態による光スイッチの製造方法を図4を用いて説明する。図4は、本実施形態による光スイッチの製造方法を示す工程断面図である。

【0064】なお、ここでは、光偏向部の形成方法についてのみ説明し、他の部分の形成方法については説明を省略することとする。

【0065】まず、図4(a)に示すように、LiNbO<sub>3</sub>より成る基板2 2 aを用意する。LiNbO<sub>3</sub>より成る基板2 2 aは、クラッド層2 2を構成するためのものである。

【0066】次に、全面に、膜厚50 nmのTi膜2 3を形成する。

【0067】次に、1100°C、10時間の熱処理を行うことにより、Tiを拡散する。これにより、Ti拡散領域より成るコア層2 4が形成される(図4(b)参照)。

【0068】次に、図4(c)に示すように、全面に、スパッタ法により、膜厚200 nmのSiO<sub>2</sub>より成るクラッド層2 6を形成する。

【0069】次に、図4(d)に示すように、スパッタ法により、メタルマスク3 6をマスクとして、クラッド層2 6上に膜厚500 nmのAlより成るプリズム電極2 0を形成する。

【0070】次に、スパッタ法により、膜厚500 nmのAlより成る下部電極1 6を形成する。

【0071】次に、基板2 2 aを光偏向部1 4の形状に切断する。

【0072】こうして、光偏向部1 4が形成される(図4(e)参照)。

【0073】こうして形成された光偏向部1 4は、シリコン基板1 0上に、チャネル導波路1 2 a～1 2 fと光学的に結合するように組み込まれる(図1(a)及び図1(b)参照)。

【0074】こうして本実施形態による光スイッチが製造される。

【0075】【第2実施形態】本発明の第2実施形態による光スイッチを図5及び図6を用いて説明する。図5及び図6は、本実施形態による光スイッチを示す平面図である。図1乃至図4に示す第1実施形態による光スイッチ等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略または簡潔にする。

【0076】本実施形態による光スイッチは、コア層2 4の材料として、屈折率が一方向にのみ変化する材料が用いられていることに主な特徴がある。

【0077】屈折率が一方向にのみ変化する材料とは、上述したように、屈折率が増加又は減少のみする材料のことである。

【0078】屈折率が一方向にのみ変化する材料として、例えば、PLZT((Pb, La)(Zr, Ti)TiO<sub>3</sub>)を用いることができる。PLZTに電界を印加すると、-Δnの屈折率の変化が生じる。

【0079】スラブ光導波路層1 8 aに屈折率が一方向にのみ変化する材料を用いた場合、対になっている両方のプリズム電極2 0 a<sub>1</sub>～2 0 a<sub>2</sub>、2 0 b<sub>1</sub>～2 0 b<sub>2</sub>に電圧を印加した場合には、いずれのプリズム領域においても屈折率がn-Δnとなってしまい、光を片側に曲げ

ることができない。

【0080】そこで、屈折率が一方向にのみ変化する材料を用いる場合には、対になっているプリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4, 20b_1 \sim 20b_4$ の一方の側にのみ電圧を印加する。

【0081】図5は、紙面上側のプリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ にのみ電圧を印加し、紙面下側のプリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ に電圧を印加しない場合を示す平面図である。

【0082】プリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ と下部電極16との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0083】一方、プリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ と下部電極16との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率はnのまとなる。

【0084】このため、レンズ34を介してスラブ光導波路層18aに導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面上側に曲がっていく。

【0085】図6は、紙面下側のプリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ に電圧を印加せず、紙面下側のプリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ にのみ電圧を印加した場合を示す平面図である。

【0086】プリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4$ と下部電極16との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0087】一方、プリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $20b_1 \sim 20b_4$ と下部電極16との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率はnのまとなる。

【0088】このため、レンズ34を介してスラブ光導波路層18aに導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面下側に曲がっていく。

【0089】このように本実施形態によれば、対になっている一方の側のプリズム電極にのみ電圧を印加するため、スラブ光導波路層に、一方向にのみ屈折率が変化する材料を用いた場合であっても、微細な光スイッチを提供することができる。

【0090】[第3実施形態] 本発明の第3実施形態による光スイッチを図7を用いて説明する。図7は、本実施形態による光スイッチを示す平面図である。図1乃至図6に示す第1又は第2実施形態による光スイッチ等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略または簡潔にする。

【0091】本実施形態による光スイッチは、同じ大きさのプリズム電極が、偏向される光の光路に沿うように

配置されていることに主な特徴がある。

【0092】図7に示すように、本実施形態による光スイッチでは、偏向される光の光路に沿うように、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4, 38b_1 \sim 38b_4$ とプリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4, 38a_1 \sim 38a_4$ との離間距離が徐々に大きくなるように配置されている。プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4, 38b_1 \sim 38b_4$ の大きさは、同じ大きさに設定されている。

【0093】なお、本実施形態による光スイッチでは、クラッド層22の材料として、屈折率が二方向にのみ変化する材料、具体的にはLiNbO<sub>3</sub>等が用いられている。

【0094】第1又は第2実施形態による光スイッチでは、光路がプリズム領域から外れることがないように、プリズム電極 $20a_1 \sim 20a_4, 20b_1 \sim 20b_4$ の幅Wを、スラブ光導波路層18の端側から内側に向かって徐々に広くなるように設定していた。このため、スラブ光導波路層18の内側のプリズム電極は、大きなものとなってしまっていた。

【0095】これに対し、本実施形態では、偏向される光の光路に沿うようにプリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4, 38b_1 \sim 38b_4$ が配置されているため、同じ大きさのプリズム電極 $38a_1, 38b_1$ を配置した場合であっても、光路がプリズム領域から外れてしまうことがない。このため、本実施形態によれば、スラブ光導波路層18の内側のプリズム電極をも、小さなものにすることができる。

【0096】従って、本実施形態によれば、プリズム電極を形成するのに要するスペースを更に小さくすることができ、光スイッチの更なる微細化を実現することができる。

【0097】次に、本実施形態による光スイッチの動作について説明する。

【0098】図7の実線は、光路を紙面下側に曲げた状態を示している。

【0099】紙面下側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ に電圧を印加し、プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ には電圧を印加しない。

【0100】プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ と下部電極16との間に、屈折率が $n + \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0101】これに対し、プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ と下部電極16との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率はnのまとなる。

【0102】このため、レンズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、屈折率 $n + \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面下側に曲がっていく。

【0103】図7の破線は、光路を紙面上側に曲げた状

態を示している。

【0104】紙面上側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ に電圧を印加し、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ には電圧を印加しない。

【0105】プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $38b_1 \sim 38b_4$ と下部電極 $16$ との間に、屈折率が $n + \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0106】これに対し、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $38a_1 \sim 38a_4$ と下部電極 $16$ との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率は $n$ のままとなる。

【0107】このため、レンズ $34$ を介してスラブ光導波路層 $18$ に導入された光は、屈折率 $n + \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面上側に曲がっていく。

【0108】(変形例) 次に、本実施形態の変形例による光スイッチを図 $8$ 及び図 $9$ を用いて説明する。図 $8$ は、本変形例による光スイッチを示す平面図である。図 $9$ は、本変形例による光スイッチのプリズム電極の配置を示す平面図である。

【0109】本変形例による光スイッチは、コア層 $24$ の材料として、屈折率が一方向にのみ変化する材料が用いられていることに主な特徴の一つがある。

【0110】本変形例では、スラブ光導波路層 $18a$ に、屈折率が一方向にのみ変化する材料が用いられているため、図 $7$ に示す光スイッチと同様にプリズム電極を配置したのでは、所望の方向に光を偏向することができない。

【0111】そこで、本実施形態では、図 $8$ に示すような向きにプリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ 、 $40b_1 \sim 40b_4$ を配置している。

【0112】プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ 、 $40b_1 \sim 40b_4$ をこのように配置することにより、スラブ光導波路層 $18a$ に、屈折率が一方向にのみ変化する材料を用いた場合であっても、光を所望の方向に偏向することが可能となる。

【0113】このように本変形例によれば、プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ 、 $40b_1 \sim 40b_4$ が図 $8$ に示すように配置されているため、スラブ光導波路層 $18a$ に、屈折率が一方向にのみ変化する材料を用いた場合であっても、所望の方向に光を偏光することができる。

【0114】また、本変形例による光スイッチは、光の入射角が小さくなるように、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ が傾けられることにも、主な特徴の一つがある。

【0115】図 $9(a)$ に示すように、プリズム電極 $40$ の入射側の辺を、スラブ光導波路層 $18a$ の入射側の辺と平行に設定した場合には、光の入射角が大きくなり、反射損失が大きくなってしまう。

【0116】これに対し、本変形例では、図 $9(b)$ に示すように、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ の入射側の辺を、スラブ光導波路層 $18a$ の入射側の辺に対して $\theta'$ だけ傾くように設定している。このため、本変形例によれば、光の入射角を小さくすることができ、反射損失を小さくすることができる。なお、 $\theta'$ の値は、プリズム領域による最大偏向角の例えは半分の値に設定することができる。

【0117】このように本変形例によれば、入射角が小さくなるようにプリズム電極を傾けて配置しているため、反射損失を小さくすることができ、光学的特性の良好な光スイッチを提供することができる。

【0118】次に、本変形例による光スイッチの動作について説明する。

【0119】図 $8$ の実線は、光路を紙面上側に曲げた状態を示している。

【0120】紙面上側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ に電圧を印加し、プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ には電圧を印加しない。

【0121】プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ と下部電極 $16$ との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0122】プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ と下部電極 $16$ との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率は $n$ のままとなる。

【0123】このため、レンズ $34$ を介してスラブ光導波路層 $18a$ に導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面上側に曲がっていく。

【0124】一方、図 $8$ の破線は、光路を紙面下側に曲げた状態を示している。

【0125】紙面下側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ に電圧を印加し、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ には電圧を印加しない。

【0126】プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $40a_1 \sim 40a_4$ と下部電極 $16$ との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0127】プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $40b_1 \sim 40b_4$ と下部電極 $16$ との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率は $n$ のままとなる。

【0128】このため、レンズ $34$ を介してスラブ光導波路層 $18a$ に導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面下側に曲がっていく。

【第4実施形態】本発明の第4実施形態による光スイッチを図 $10$ を用いて説明する。図 $10$ は、本実施形態に

よる光スイッチを示す平面図である。図1乃至図9に示す第1乃至第3実施形態による光スイッチ等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略または簡潔にする。

【0129】本実施形態による光スイッチは、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ 、 $42b_1 \sim 42b_4$ の他に、微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ が更に設けられていることに主な特徴がある。

【0130】微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ は、アナログ的に電圧が印加されるものである。微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ に印加する電圧 $V_a$ (V)は、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ 、 $42b_1 \sim 42b_4$ に印加する電圧を $V_b$ (V)とすると、例えば、 $0(V) \sim V_b(V)$ の範囲で適宜設定することができる。

【0131】プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ 、 $42b_1 \sim 42b_4$ は、印加する電圧をオン、オフすることにより、プリズム領域の屈折率を変化させるものであるため、屈折率の変化 $\Delta n$ はいずれのプリズム領域でも同一となる。このため、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ 、 $42b_1 \sim 42b_4$ は、光路を微調整するのには適していない。

【0132】これに対し、微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ は、アナログ的に電圧が印加されるものであるため、光路を微調整することができる。

【0133】このように本実施形態によれば、プリズム電極と別個に微調整用電極が設けられているため、光路を微調整することができる。

【0134】次に、本実施形態による光スイッチの動作について説明する。

【0135】図10の実線は、光路を紙面上側に曲げた状態を示している。

【0136】紙面上側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $42b_1 \sim 42b_4$ に電圧を印加し、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ には電圧を印加しない。

【0137】プリズム電極 $42b_1 \sim 42b_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $42b_1 \sim 42b_4$ と下部電極 $16$ との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0138】プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ と下部電極 $16$ との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率は $n$ のままとなる。

【0139】このため、レンズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面上側に曲がっていく。

【0140】一方、図10の破線は、光路を紙面下側に曲げた状態を示している。

【0141】紙面下側に光路を曲げる場合には、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ に電圧を印加し、プリズム電極

$42b_1 \sim 42b_4$ には電圧を印加しない。

【0142】プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ に電圧を印加した場合には、プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ と下部電極 $16$ との間に、屈折率が $n - \Delta n$ のプリズム領域が構成される。

【0143】プリズム電極 $42b_1 \sim 42b_4$ には電圧が印加されていないため、プリズム電極 $42b_1 \sim 42b_4$ と下部電極 $16$ との間には、プリズム領域は構成されず、屈折率は $n$ のままとなる。

10 【0144】このため、レンズ34を介してスラブ光導波路層18に導入された光は、屈折率 $n - \Delta n$ のプリズム領域を通過する毎に偏光され、紙面下側に曲がっていく。

【0145】光路を微調整する場合には、微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ にアナログ電圧を印加する。

【0146】プリズム電極 $42a_1 \sim 42a_4$ 、 $42b_1 \sim 42b_4$ は一定電圧の印加をオン、オフするものであるため、光路を微調整することはできないが、微調整用電極 $44a$ 、 $44b$ はアナログ電圧を印加するものであるため、光路を微調整することができる。

20 【0147】本実施形態によれば、光路を微調整することができるため、より良好な特性の光スイッチを提供することができる。

【0148】【第5実施形態】本発明の第5実施形態による光偏光素子を図11を用いて説明する。図11は、本実施形態による光偏光素子を示す平面図である。図1乃至図10に示す第1乃至第4実施形態による光スイッチ等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略または簡潔にする。

30 【0149】本実施形態による光偏光素子は、縦横比 $L/W$ の異なる複数のプリズム電極 $46a_1 \sim 46a_4$ が複数形成されていることに主な特徴がある。

【0150】図11に示すように、本実施形態では、縦横比 $L/W = 1$ のプリズム電極 $46a_1$ と、縦横比 $L/W = 2$ のプリズム電極 $46a_2$ と、縦横比 $L/W = 4$ のプリズム電極 $46a_3$ とが形成されている。

【0151】縦横比 $L/W = 2$ のプリズム領域では、縦横比 $L/W = 1$ のプリズム領域と比較して、2倍の偏向角を得ることができる。

40 【0152】また、縦横比 $L/W = 4$ のプリズム領域では、縦横比 $L/W = 1$ のプリズム領域と比較して、4倍の偏向角を得ることができる。

【0153】縦横比 $L/W = 1$ のプリズム領域での偏向角を $\Delta\theta$ とすると、縦横比 $L/W = 2$ のプリズム領域での偏向角は $2 \cdot \Delta\theta$ となり、縦横比 $L/W = 4$ のプリズム領域での偏向角は $4 \cdot \Delta\theta$ となる。

【0154】即ち、本実施形態では、各プリズム領域により得られる偏向角に重み付けが為されている。

50 【0155】最終的に得られる偏向角を $\theta$ とすると、  

$$\theta = \Delta\theta \times SW_1 + 2 \cdot \Delta\theta \times SW_2 + 4 \cdot$$

$\Delta\theta \times SW$ ,  
となる。

【0156】 $SW_n$ は、n番目のプリズム電極46a<sub>n</sub>への印加電圧がオンのときは1であり、オフの時は0である。

\* 【表1】

状態	SW <sub>1</sub> (L/W=1)	SW <sub>2</sub> (L/W=2)	SW <sub>3</sub> (L/W=4)	偏向角θ
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1・ $\Delta\theta$
3	0	1	0	2・ $\Delta\theta$
4	1	1	0	3・ $\Delta\theta$
5	0	0	1	4・ $\Delta\theta$
6	1	0	1	5・ $\Delta\theta$
7	0	1	1	6・ $\Delta\theta$
8	1	1	1	7・ $\Delta\theta$

【0159】表1に示すように、プリズム電極46a<sub>n</sub>への電圧の印加をオン、オフすることにより、偏向角θの値を、0～7・ $\Delta\theta$ の8通りに設定することができる。

【0160】なお、ここでは、縦横比L/W=1、2、4の3つのプリズム電極46a<sub>1</sub>～46a<sub>3</sub>を形成する場合を例に説明したが、プリズム電極の数は3つに限定されるものではない。縦横比L/W=1、2、4、…、 $2^{n-1}$ のn個のプリズム電極を形成すれば、偏向角を2°通りに設定することができる。

【0161】このように、本実施形態によれば、縦横比L/Wの比が2の2乗倍に設定されたプリズム電極がn個設けられているため、各プリズム電極への電圧の印加を適宜オン、オフすることにより、偏向角をデジタル的に制御することができ、2°通りの偏向角を得ることができる。

【0162】(変形例(その1)) 次に、本実施形態による光偏光素子の変形例(その1)を図12を用いて説明する。図12は、本変形例による光偏光素子を示す平面図である。

【0163】本変形例による光偏光素子は、プリズム電極46a<sub>1</sub>～46a<sub>3</sub>の他に、更に、微調整用電極44aが設けかれていることに主な特徴がある。

【0164】本変形例によれば、微調整用電極44aが更に設けられているため、微調整用電極44aにアナログ電圧を印加することにより、屈折率を微調整することができる。

【0165】従って、本変形例によれば、光路を微調整することができる。

【0166】(変形例(その2)) 次に、本実施形態による光偏光素子の変形例(その2)を図13を用いて説明する。図13は、本変形例による光偏光素子を示す平面図である。

【0167】本変形例による光偏光素子は、プリズム電

\* 【0157】表1は、プリズム電極46a<sub>n</sub>への印加電圧をオン、オフした際に得られる偏向角θを示すグラフである。

【0158】

極が対を為すように形成されていることに主な特徴がある。

【0168】図11に示すように、本変形例では、プリズム電極46a<sub>1</sub>～46a<sub>3</sub>と対を為すように、プリズム電極46b<sub>1</sub>～46b<sub>3</sub>が形成されている。

【0169】プリズム電極46b<sub>1</sub>は縦横比L/W=1に設定されており、プリズム電極46b<sub>2</sub>は縦横比L/W=2に設定されており、プリズム電極46b<sub>3</sub>は縦横比L/W=4に設定されている。

【0170】本変形例によれば、プリズム電極46a<sub>1</sub>～46a<sub>3</sub>とプリズム電極46b<sub>1</sub>～46b<sub>3</sub>とが対を為すように形成されているため、プリズム電極46b<sub>1</sub>～46b<sub>3</sub>に電圧を印加することにより、紙面上側にも光を偏光することができる。

【0171】従って、本変形例によれば、プリズム電極46a<sub>1</sub>～46a<sub>3</sub>、46b<sub>1</sub>～46b<sub>3</sub>に印加する電圧を適宜設定することにより、 $2^{n-1}-1$ 通りの偏向角を得ることができる。

【0172】[変形実施形態] 本発明は上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

【0173】例えば、上記実施形態では、屈折率を二方向に変化させ得る材料としてLiNbO<sub>3</sub>を用いる場合を例に説明したが、屈折率を二方向に変化させ得る材料はLiNbO<sub>3</sub>に限定されるものではなく、例えばLiTaO<sub>3</sub>等を用いることもできる。なお、LiTaO<sub>3</sub>は、LiNbO<sub>3</sub>と同様、イルメナイト系の材料である。

【0174】また、上記実施形態では、屈折率が一方向にのみ変化する材料としてPLZTを例に説明したが、屈折率が一方向にのみ変化する材料は、PLZTに限定されるものではない。例えば、BaTiO<sub>3</sub>、PZT(Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>)、PLT((Pb,La)TiO<sub>3</sub>)等を用いることができる。これらは、PLZTと同様、ペロブスカイト系の材料である。また、正方

晶系の材料であるKDP ( $KH_2PO_4$ ) を用いることもできる。また、タンゲステンブロンズ系の材料であるSBN ((Sr, Ba)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) を用いることもできる。

【0175】また、上記実施形態では、プリズム電極の形状を直角三角形に設定したが、プリズム電極の形状は直角三角形に限定されるものではなく、プリズム領域を構成しうる形状であれば、いかなる形状に設定してもよい。即ち、光の入射角と出射角とが異なるような形状であれば、いかなる形状に設定してもよい。例えば、楔形や台形等に設定することができる。

【0176】また、第1及び第2実施形態では、プリズム電極の幅Wを、スラブ光導波路層の端側から内側に向かって徐々に広くなるように設定したが、プリズム電極の幅Wは、必ずしも徐々に広がるように設定することに限定されるものではなく、光路がプリズム領域から外れないように適宜設定すればよい。

【0177】また、第5実施形態では、プリズム電極の縦横比L/Wを1、2、4、……、 $2^{n-1}$ に設定する場合を例に説明したが、プリズム電極の縦横比L/Wの値は必ずしも整数に設定する必要はなく、プリズム電極の縦横比L/Wの比が2のn乗倍に設定されればよい。例えば、プリズム電極の縦横比L/Wを、m、2m、4m、……、 $2^{n-1}m$  (mは任意の正数)と設定してもよい。

【0178】また、第1乃至第4実施形態では、光スイッチを例に説明したが、本発明の原理は、光スイッチのみならず、あらゆる光学装置に適用することができる。

【0179】また、第5実施形態では、光偏光素子を例に説明したが、本発明の原理は、光偏光素子のみならず、あらゆる光学装置に適用することができる。

【0180】(付記1) 下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、前記光導波路層の内側に形成された前記プリズム電極の幅が、前記光導波路層の端側に形成された前記プリズム電極の幅より広いことを特徴とする光学装置。

【0181】(付記2) 下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極とを有し、前記複数のプリズム電極が、偏向される光の光路に沿うように配置されていることを特徴とする光学装置。

【0182】(付記3) 下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された複数のプリズム電極と、前記光導波路層上に形成された微調整用電極とを有し、前記微調整用電極にアナログ電圧を印加することにより光路を微調整することを特徴とする光学装

置。

【0183】(付記4) 下部電極と、前記下部電極上に形成され、電気光学効果により屈折率が変化する光導波路層と、前記光導波路層上に形成された、縦横比が互いに異なる複数のプリズム電極とを有することを特徴とする光学装置。

【0184】(付記5) 付記4記載の光学装置において、前記複数のプリズム電極の縦横比の比が、2のn乗倍になるように設定されていることを特徴とする光学装置。

【0185】(付記6) 付記1乃至5のいずれかに記載の光学装置において、前記複数のプリズム電極は、対を為すように形成されていることを特徴とする光学装置。

【0186】(付記7) 付記6記載の光学装置において、前記光導波路層は、屈折率が増加又は減少のみする材料を有し、対を為す前記複数のプリズム電極の一方の側にのみ電圧を印加することを特徴とする光学装置。

【0187】(付記8) 付記1乃至7のいずれかに記載の光学装置において、前記プリズム電極は、光の入射角が小さくなるように傾けて配置されていることを特徴とする光学装置。

【0188】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、複数のプリズム領域に光を通過させることにより、全体として大きな偏向角を得ることができるため、プリズム領域一つ当たりで偏光すべき角度は小さくて足りる。このため、本発明によれば、プリズム電極に印加すべき電圧を低くすることができ、光学装置の低電圧化を実現することができる。

【0189】また、本発明によれば、プリズム電極の幅Wが、スラブ光導波路層の端側から内側に向かって徐々に広くなるように設定されているため、光路がプリズム領域から外れてしまうのを防止しつつ、プリズム領域に要するスペースを小さくすることができる。従って、本発明によれば、光学装置の微細化を実現することができる。

【0190】また、本発明によれば、対になっている一方の側のプリズム電極にのみ電圧を印加するため、スラブ光導波路層に、一方向にのみ屈折率が変化する材料を用いた場合であっても、微細な光学装置を提供することができる。

【0191】また、本発明によれば、偏向される光の光路に沿うようにプリズム電極が配置されているため、同じ大きさのプリズム電極を配置した場合であっても、光路がプリズム領域から外れてしまうのを防止することができる。このため、本発明によれば、スラブ光導波路層の内側のプリズム電極をも小さなものにすることができ、プリズム電極を形成するのに要するスペースを更に小さくすることができる。従って、本発明によれば、光

学装置の更なる微細化を実現することができる。

【0192】また、本発明によれば、光の入射角が小さくなるように、プリズム電極が傾けられているため、反射損失を小さくすることができる。このため、本発明によれば、光学的特性の良好な光学装置を提供することができる。

【0193】また、本発明によれば、アナログ的に電圧が印加される微調整用電極が、プリズム電極と別個に設けられているため、光路を微調整することができる。

【0194】また、本発明によれば、縦横比L/Wの比が2の2乗倍に設定されたプリズム電極がn個設けられているため、各プリズム電極への電圧の印加を適宜オン、オフすることにより、偏向角をデジタル的に制御することができ、2<sup>n</sup>通りの偏向角を得ることができる。更には、対を為すようにプリズム電極を形成することにより、2<sup>n</sup>-1通りの偏向角を得ることもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による光スイッチを示す断面図及び平面図である。

【図2】本発明の第1実施形態による光スイッチを示す拡大図である。

【図3】本発明の第1実施形態による光スイッチの動作を示す平面図である。

【図4】本発明の第1実施形態による光スイッチの製造方法を示す工程断面図である。

【図5】本発明の第2実施形態による光スイッチを示す平面図(その1)である。

【図6】本発明の第2実施形態による光スイッチを示す平面図(その2)である。

【図7】本発明の第3実施形態による光スイッチを示す平面図である。

【図8】本発明の第3実施形態の変形例による光スイッチを示す平面図である。

【図9】本発明の第3実施形態の変形例による光スイッ\*

\*チのプリズム電極の配置を示す平面図である。

【図10】本発明の第4実施形態による光スイッチを示す平面図である。

【図11】本発明の第5実施形態による光偏光素子を示す平面図である。

【図12】本発明の第5実施形態の変形例(その1)による光偏光素子を示す平面図である。

【図13】本発明の第5実施形態の変形例(その2)による光偏光素子を示す平面図である。

#### 【符号の説明】

10 …シリコン基板

12a～12f …チャネル導波路

14 …光偏向部

16 …下部電極

18、18a …スラブ光導波路層

20、20a<sub>1</sub>～20a<sub>4</sub>、20b<sub>1</sub>～20b<sub>4</sub> …プリズム電極

22 …クラッド層

22a …基板

23 …Ti膜

24 …コア層

26 …クラッド層

28 …シリコン層

30 …クラッド層

32 …コア層

34 …レンズ

36 …メタルマスク

38a<sub>1</sub>～38a<sub>4</sub>、38b<sub>1</sub>～38b<sub>4</sub> …プリズム電極

40、40a<sub>1</sub>～40a<sub>4</sub>、40b<sub>1</sub>～40b<sub>4</sub> …プリズム電極

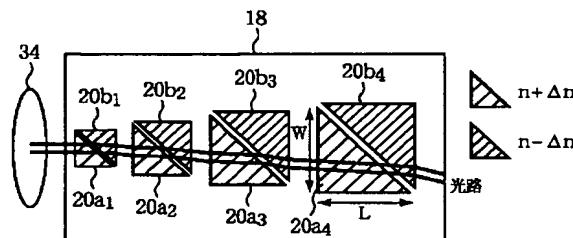
42a<sub>1</sub>～42a<sub>4</sub>、42b<sub>1</sub>～42b<sub>4</sub> …プリズム電極

44a、44b …微調整用電極

46a<sub>1</sub>～46a<sub>4</sub>、46b<sub>1</sub>～46b<sub>4</sub> …プリズム電極

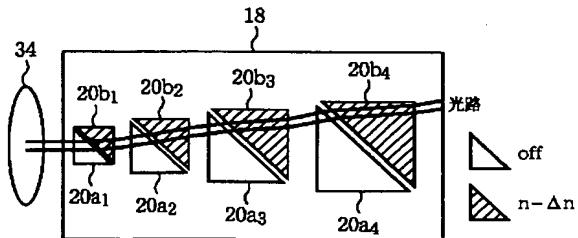
【図2】

本発明の第1実施形態による光スイッチを示す拡大図



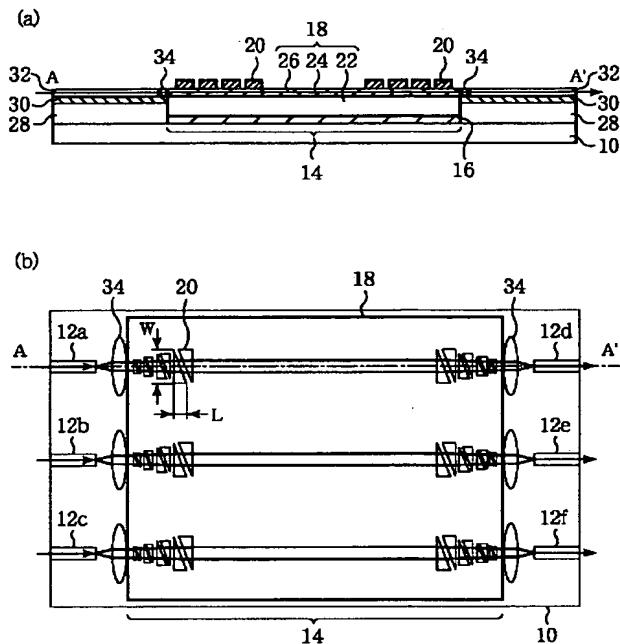
【図5】

本発明の第2実施形態による光スイッチを示す平面図(その1)



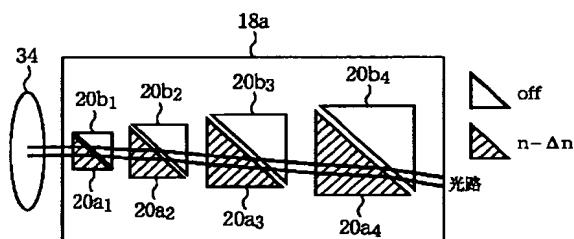
【図1】

本発明の第1実施形態による光スイッチを示す断面図及び平面図



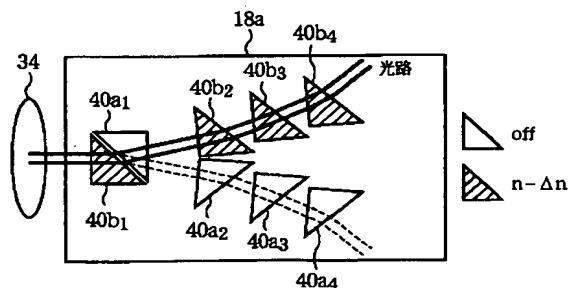
【図6】

本発明の第2実施形態による光スイッチを示す平面図(その2)



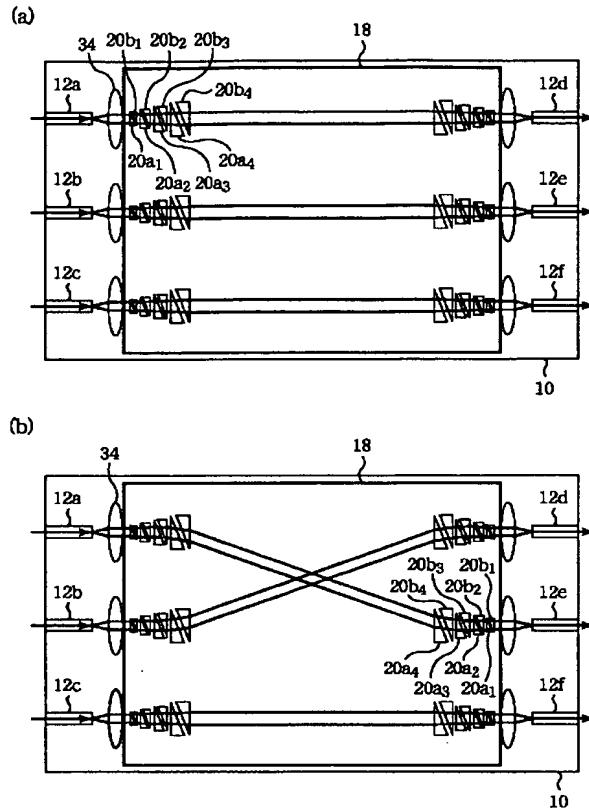
【図8】

本発明の第3実施形態の変形例による光スイッチを示す平面図



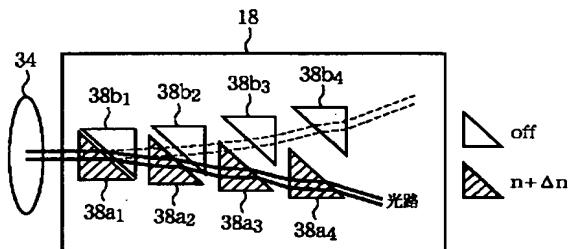
【図3】

本発明の第1実施形態による光スイッチの動作を示す平面図



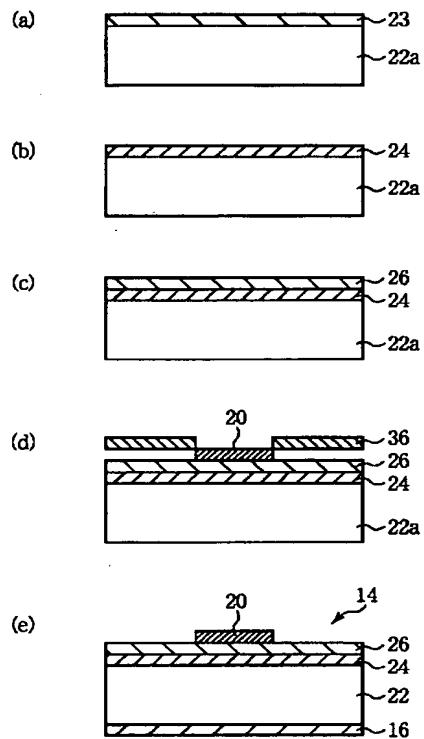
【図7】

本発明の第3実施形態による光スイッチを示す平面図



【図4】

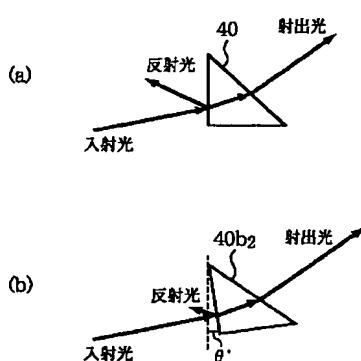
本発明の第1実施形態による光スイッチの製造方法を示す工程断面図



【図10】

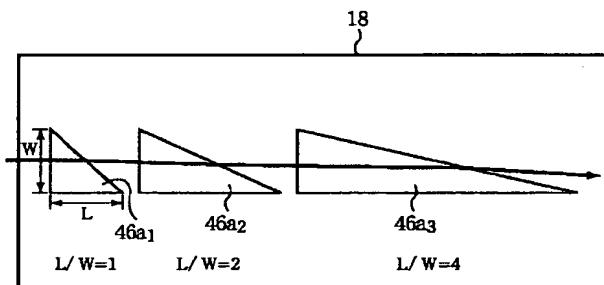
【図9】

本発明の第3実施形態の変形例による光スイッチのプリズム電極の配置を示す平面図

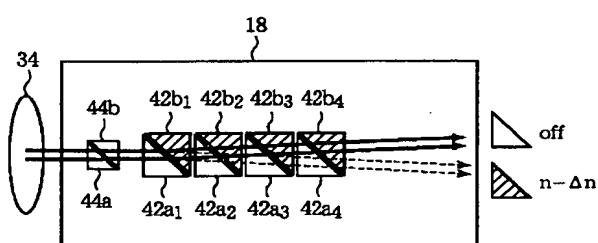


【図11】

本発明の第5実施形態による光偏光素子を示す平面図

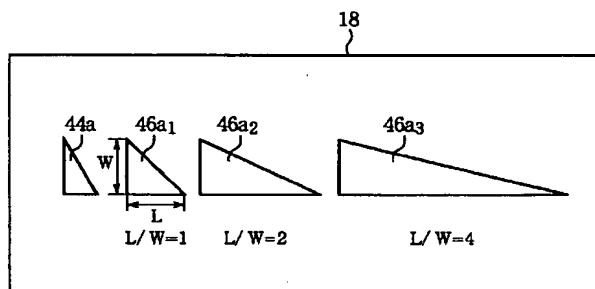


本発明の第4実施形態による光スイッチを示す平面図



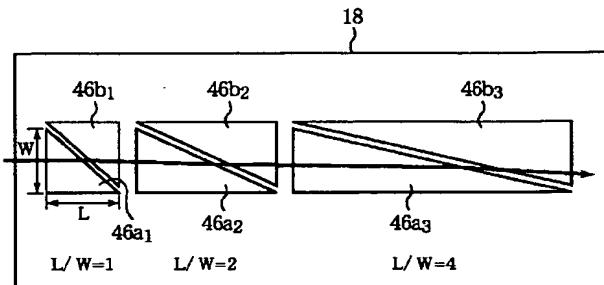
【図12】

本発明の第5実施形態の変形例（その1）による光偏光素子を示す平面図



【図13】

本発明の第5実施形態の変形例（その2）による  
光偏光素子を示す平面図



フロントページの続き

(72)発明者 山岸 康男

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

F ターム(参考) 2H047 KA04 KB01 NA02 QA01 QA03

RA08

2K002 AA02 AB04 AB05 AB06 AB07

BA06 CA03 DA05 EA24 EA25

EB02 EB03 EB04 EB05 EB09

HA03